

VACUUM PLASMA PROCESSOR APPARATUS AND METHOD**Publication number:** JP2004520704 (T)**Publication date:** 2004-07-08**Inventor(s):****Applicant(s):****Classification:**

- international: H05H1/46; B01J3/00; B01J19/08; H01J37/32;
H01L21/3065; H05H1/46; B01J3/00;
B01J19/08; H01J37/32; H01L21/02; (IPC1-
7): H01L21/3065; B01J3/00; B01J19/08;
H05H1/46

- European: H01J37/32H1D

Application number: JP20020507035T 20010626

Priority number(s): US20000607326 20000630;
WO2001US20263 20010626

Also published as:

WO0203763 (A2)

WO0203763 (A8)

WO0203763 (A3)

WO0203763 (B1)

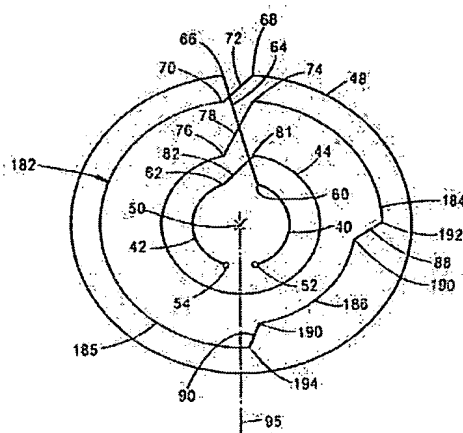
US6531029 (B1)

more >>

Abstract not available for JP 2004520704 (T)

Abstract of corresponding document: **WO 0203763 (A2)**

200 mm and 300 mm wafers are processed in vacuum plasma processing chambers that are the same or have the same geometry. Substantially planar excitation coils having different geometries for the wafers of different sizes excite ionizable gas in the chamber to a plasma by supplying electromagnetic fields to the plasma through a dielectric window at the top of the chamber. Both coils include plural symmetrical, substantially circular turns coaxial with a center point of the coil and at least one turn that is asymmetrical with respect to the coil center point. Both coils include four turns, with r.f. excitation being applied to the turn that is closest to the coil center point. The turn that is third farthest from the center point is asymmetrical in the coil used for 200 mm wafers. The two turns closest to the coil center point are asymmetrical in the coil used for 300 mm wafers.



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

Serial No. 10/748,277

Filed: December 31, 2003

Attorney Docket 249/409

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-520704

(P2004-520704A)

(43) 公表日 平成16年7月8日(2004.7.8)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
H01L 21/3065	H01L 21/302 I O I C	4 G O 7 5
B01J 3/00	B01J 3/00 J	5 F O O 4
B01J 19/08	B01J 19/08 H	
H05H 1/46	H05H 1/46 L	

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 68 頁)

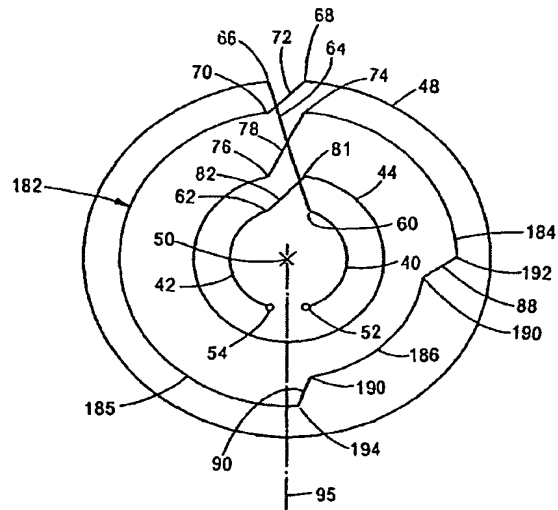
(21) 出願番号	特願2002-507035 (P2002-507035)	(71) 出願人	592010081
(86) (22) 出願日	平成13年6月26日 (2001.6.26)		ラム リサーチ コーポレーション
(85) 翻訳文提出日	平成14年12月26日 (2002.12.26)		LAM RESEARCH CORPOR
(86) 国際出願番号	PCT/US2001/020263		ATION
(87) 国際公開番号	W02002/003763		アメリカ合衆国、カリフォルニア 950
(87) 国際公開日	平成14年1月10日 (2002.1.10)		38、フレモント、クッシング パークウ
(31) 優先権主張番号	09/607,326	(74) 代理人	100069981
(32) 優先日	平成12年6月30日 (2000.6.30)		弁理士 吉田 精孝
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(72) 発明者	トゥチャン ニー
			アメリカ合衆国、カリフォルニア州 94
			555、フレモント、オンタリオ コモン
			5415

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 真空プラズマ処理装置および方法

(57) 【要約】

同じであるかもしくは同じ幾何学形状を有する真空プラズマ処理チェンバ内で200mmおよび300mmのウェハが処理される。異なるサイズのウェハ用の異なる幾何学形状を有する実質的に平板状の励起コイルが、チェンバの上部にある誘電窓を通して電磁場をプラズマに供給することによってチェンバ内のイオン化可能なガスをプラズマへと励起する。両方のコイルは、コイルの中心点と同軸の複数の対称性の実質的に円形の巻線、およびコイルの中心点に関して非対称性の少なくとも1回の巻線を含む。両方のコイルは4回の巻線を含み、高周波励起はコイルの中心点に最も近い巻線に加えられる。中心点から3番目に遠い巻線は200mmウェハ用に使用されるコイルで非対称である。コイルの中心点に最も近い2つの巻線は300mmウェハ用に使用されるコイルで非対称である。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

円形のワークピースを処理するための真空プラズマプロセッサであって、ワークピースをプラズマで処理するための真空チェンバと、前記チェンバ内のワークピースホルダと、前記チェンバ内のイオン化可能なガスをプラズマへと励起するための実質的に平板状のコイルと、前記コイルにプラズマ高周波励起電圧を供給するための高周波電源とを含み、前記チェンバは、ワークピースが処理中にワークピースホルダの特定の場所に位置するように配置され、前記コイルは、(a) コイルの中心点に関して実質的に対称に配列された複数の同軸の巻線、および (b) コイルの中心点に関して非対称に配列された内縁及び外縁を有する少なくとも 1 回のさらなる巻線を含むことを特徴とする真空プラズマプロセッサ。

10

【請求項 2】

前記複数の同軸の巻線が、異なる直径を有する直列接続された円形巻線であり、かつ前記コイルが高周波電源の対向する端子への接続のための中央に配置された一对の励起端子を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の真空プラズマプロセッサ。

20

【請求項 3】

前記少なくとも 1 回のさらなる巻線が、コイルの中心点から異なる間隔を有するアーチ形の部分を含むことを特徴とする請求項 2 に記載の真空プラズマプロセッサ。

【請求項 4】

前記少なくとも 1 回のさらなる巻線が、第 1 と第 2 の前記アーチ形の部分を含み、第 1 と第 2 の部分が円の扇形部であって、異なる半径および複数の同軸の巻線の中心点と実質的に同じである共通中心点を有することを特徴とする請求項 3 に記載の真空プラズマプロセッサ。

【請求項 5】

3 回の複数巻線があり、前記少なくとも 1 回のさらなる巻線が最大半径と 2 番目に小さい半径の複数巻線の間にあり、励起端子が最小半径を有する巻線上にあり、中心点から次第に離れて行く巻線が互いに直接的につながり、最大半径と最小半径の巻線が互いに直接的につながること

30

ことを特徴とする請求項 4 に記載の真空プラズマプロセッサ。

【請求項 6】

前記少なくとも 1 回のさらなる巻線が、空間的には隣接して電気的には離れた該さらなる巻線の第 1 と第 2 の端部間で連続であり、第 1 と第 2 の端部のそれぞれが、該少なくとも 1 回のさらなる巻線の内側と外側それぞれにおいて第 1 と第 2 の隣接巻線に接続されることを特徴とする請求項 3 に記載の真空プラズマプロセッサ。

【請求項 7】

前記少なくとも 1 回のさらなる巻線の形状が、コイル中心点からコイルの側部に移動した中心を有する円であることを特徴とする請求項 6 に記載の真空プラズマプロセッサ。

40

【請求項 8】

前記コイルが 4 回の巻線しか持たず、3 回の巻線が複数巻線であり、1 回の巻線だけが前記少なくとも 1 回のさらなる巻線であり、前記少なくとも 1 回のさらなる巻線が最大半径と 2 番目に大きい半径の複数巻線の間にあり、励起端子が最小半径を有する巻線上にあり、中心点から次第に離れて行く巻線が互いに直接的につながり、最大半径と最小半径の巻線が互いに直接的につながること

ことを特徴とする請求項 7 に記載の真空プラズマプロセッサ。

50

【請求項 9】

前記少なくとも 1 回のさらなる巻線が、コイルの中心点と一致する中心を有する円の扇形部である第 1 の部分と、第 1 の部分の第 1 の端部から実質的に直線状に延びる第 2 の部分と、第 1 の部分の第 2 の端部から実質的に直線状に延びる第 3 の部分とを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の真空プラズマプロセッサ。

【請求項 10】

前記第 1 の部分が、第 3 と第 4 の端部をそれぞれ有する第 1 と第 2 の区画に分割され、第 3 と第 4 の端部が高周波電源に接続されることを特徴とする請求項 9 に記載の真空プラズマプロセッサ。

【請求項 11】

前記コイルが第 1 と第 2 の前記少なくとも 1 回のさらなる巻線を含み、第 1 の前記少なくとも 1 回のさらなる巻線が第 2 の前記少なくとも 1 回のさらなる巻線よりもコイルの中心点の近くにあり、両方の前記少なくとも 1 回のさらなる巻線が請求項 9 に規定された形状を有し、両方の前記少なくとも 1 回のさらなる巻線の円の扇形部がアーチ形に整列され、両方の前記少なくとも 1 回のさらなる巻線の直線部分が互いに実質的に平行に延び、第 1 と第 2 の前記少なくとも 1 回のさらなる巻線がコイルの中心点に最も近いコイル巻線である

ことを特徴とする請求項 10 に記載の真空プラズマプロセッサ。

【請求項 12】

ワークピースホルダ上の特定の場所に設置されるように構成された円形のワークピースを処理する真空プラズマプロセッサ内のイオン化可能なガスに、高周波プラズマ励起場を供給するための実質的に平板状のコイルであって、コイルの中心点に関して実質的に対称に配列された複数の同軸の巻線と、コイルの中心点に関して実質的に非対称に配列された内縁及び外縁を有する少なくとも 1 回のさらなる巻線とを含む

ことを特徴とするコイル。

【請求項 13】

前記複数巻線が、異なる直径および中央に配置された励起端子を有する直列接続された円形の巻線である

ことを特徴とする請求項 12 に記載のコイル。

【請求項 14】

前記少なくとも 1 回のさらなる巻線が、コイルの中心点から異なる間隔を有するアーチ形の部分を含む

ことを特徴とする請求項 13 に記載のコイル。

【請求項 15】

前記少なくとも 1 回のさらなる巻線が、第 1 と第 2 の前記アーチ形の部分を含み、第 1 と第 2 の部分が円の扇形部であって、異なる半径および複数巻線の中心点と実質的に同じである共通中心点を有する

ことを特徴とする請求項 14 に記載のコイル。

【請求項 16】

3 回の複数巻線があり、少なくとも 1 回のさらなる巻線が最大半径と 2 番目に小さい半径を有する複数巻線の間であり、励起端子が最小半径を有する巻線上にあり、中心点から次第に離れて行く巻線が互いに直接的につながり、最大半径と最小半径を有する巻線が互いに直接的につながる

ことを特徴とする請求項 15 に記載のコイル。

【請求項 17】

前記さらなる巻線が、隣りの巻線への接続部を除いて閉じた形状を有する

ことを特徴とする請求項 14 に記載のコイル。

【請求項 18】

前記少なくとも 1 回のさらなる巻線の形状が、コイル中心点からコイルの側部に向かって

10

20

30

40

50

移動した中心を有する円である

ことを特徴とする請求項 17 に記載のコイル。

【請求項 19】

3 回の複数巻線があり、前記少なくとも 1 回のさらなる巻線が最大半径と 2 番目に小さい半径を有する複数巻線の間であり、励起端子が最小半径を有する巻線上にあり、中心点から次第に離れて行く巻線が互いに直接的につながり、最大半径と最小半径を有する巻線が互いに直接的につながる

ことを特徴とする請求項 18 に記載のコイル。

【請求項 20】

前記少なくとも 1 回のさらなる巻線が、コイルの中心点と一致する中心を有する円の扇形部である第 1 の部分と、第 1 の部分の第 1 の端部から実質的に直線状に延びる第 2 の部分および第 1 の部分の第 2 の端部から実質的に直線状に延びる第 3 の部分とを含む
10
ことを特徴とする請求項 12 に記載のコイル。

【請求項 21】

前記第 1 の部分が、第 3 と第 4 の端部をそれぞれ有する第 1 と第 2 の区画に分割され、第 3 と第 4 の端部が高周波電源に接続される

ことを特徴とする請求項 20 に記載のコイル。

【請求項 22】

コイルが第 1 と第 2 の前記少なくとも 1 回のさらなる巻線を含み、第 1 の前記少なくとも 1 回のさらなる巻線が第 2 の前記少なくとも 1 回のさらなる巻線よりもコイルの中心点の
20
近くにあり、両方の前記少なくとも 1 回のさらなる巻線が請求項 20 に規定された形状を有し、両方の前記少なくとも 1 回のさらなる巻線の円の扇形部がアーチ形に整列され、両方の前記少なくとも 1 回のさらなる巻線の直線部分が互いに実質的に平行に延び、第 1 と第 2 の前記少なくとも 1 回のさらなる巻線がコイルの中心点に最も近いコイル巻線であることを特徴とする請求項 21 に記載のコイル。

【請求項 23】

従来技術の真空プラズマプロセッサよりも優れたプラズマ密度均一性をワークピース上で達成するように円形のワークピースを処理する真空プラズマプロセッサであって、
前記従来技術のプロセッサが、4 回の同心の直列接続された円形巻線、および高周波励起電源に接続される中央に配置された 2 つの励起端子を有する実質的に平板状の高周波励起
30
コイルを含み、励起されるとワークピース上で直径方向に非対称のプラズマ密度分布を生じさせ、それによって、ワークピースの第 1 の側のワークピースの実質的な円弧長に沿ったプラズマ密度が、ワークピースの第 2 の側のワークピースの実質的な円弧長に沿ったプラズマ密度と異なり、第 1 と第 2 の側の円弧長が互いに直径方向で対向するようになり、
前記より優れた密度均一性を達成するためのプロセッサが、
ワークピースをプラズマで処理するための真空チェンバと、
前記ワークピースのためのチェンバ内のホルダと、
前記チェンバ内のガスをプラズマへと励起するための実質的に平板状のコイルと、
前記コイルを励起するために接続された高周波電源とを含み、
前記コイルが (a) 共通の中心点を有する複数の円形で同軸で同心の巻線と、(b) 高周
40
波電源によって駆動されるように接続された中央の励起端子と、(c) (i) 同じ条件下で動作する前記先行技術のプラズマプロセッサのプラズマよりも実質的に少ない直径方向に非対称に分布する密度、および (ii) 同じ条件下で動作する前記先行技術のプラズマプロセッサよりも優れたワークピース上のプラズマ密度均一性を有するプラズマを供給するために、他の巻線と異なる形状を有する少なくとも 1 回のさらなる巻線とを含む
ことを特徴とする真空プラズマプロセッサ。

【請求項 24】

前記少なくとも 1 回のさらなる巻線が、中心点に近いアーチ形の部分が、前記従来技術のプロセッサではより高いプラズマ密度を有するワークピースの部分に位置合わせされ、
50
中心点から遠いアーチ形の部分が前記従来技術のプロセッサではより低いプラズマ密度を

有するワークピースの部分に位置合わせされるように中心点から異なる間隔を有する複数のアーチ形の一部を含む

ことを特徴とする請求項 2 3 に記載の真空プラズマプロセッサ。

【請求項 2 5】

前記少なくとも 1 回のさらなる巻線が第 1 と第 2 の前記アーチ形の一部を含み、第 1 と第 2 の部分が異なる半径および複数の円形同軸巻線の中心点と実質的に同じ共通中心を有する円の扇形部である

ことを特徴とする請求項 2 4 に記載の真空プラズマプロセッサ。

【請求項 2 6】

3 回の複数の円形同軸巻線と 1 つの少なくとも 1 回のさらなる巻線があり、さらなる巻線が最大半径と 2 番目に小さい半径を有する複数の巻線の間であり、励起端子が最小半径を有する巻線上にあり、中心点から次第に離れて行く巻線が互いに直接的につながり、最大半径と最小半径を有する巻線が互いに直接的につながる

ことを特徴とする請求項 2 5 に記載の真空プラズマプロセッサ。

【請求項 2 7】

前記少なくとも 1 回のさらなる巻線が、空間的には隣接して電気的には離れた前記さらなる巻線の第 1 と第 2 の端部間で連続であり、第 1 と第 2 の端部のそれぞれが、前記少なくとも 1 回のさらなる巻線の内側と外側それぞれにおいて第 1 と第 2 の隣接巻線に接続される

ことを特徴とする請求項 2 4 に記載の真空プラズマプロセッサ。

【請求項 2 8】

前記少なくとも 1 回のさらなる巻線が、前記先行技術のプロセッサによる処理中に実質的により低いプラズマ密度を有するワークピースの側に向かって共通中心から移動した中心を有する円の形状を有する

ことを特徴とする請求項 2 7 に記載の真空プラズマプロセッサ。

【請求項 2 9】

複数の円形同軸巻線を有する前記コイルが、4 回の巻線しか持たず、3 回の巻線が複数の円形同軸巻線であり、複数の円形同軸巻線を含む前記コイルの 1 回の巻線だけが前記少なくとも 1 回のさらなる巻線であり、さらなる巻線が最大半径と 2 番目に小さい半径を有する複数の円形同軸巻線の間であり、励起端子が最小半径を有する巻線上にあり、中心点から次第に離れて行く巻線が互いに直接的につながり、最大半径と最小半径を有する巻線が互いに直接的につながる

ことを特徴とする請求項 2 7 に記載の真空プラズマプロセッサ。

【請求項 3 0】

前記少なくとも 1 回のさらなる巻線が、コイルの中心点と一致する中心を有する円の扇形部である第 1 の部分と、第 1 の部分の第 1 の端部から実質的に直線状に延びる第 2 の部分と、第 1 の部分の第 2 の端部から実質的に直線状に延びる第 3 の部分とを含む

ことを特徴とする請求項 2 3 に記載の真空プラズマプロセッサ。

【請求項 3 1】

前記第 1 の部分が、第 3 と第 4 の端部をそれぞれ有する第 1 と第 2 の区画に分割され、第 3 と第 4 の端部が高周波電源に接続される

ことを特徴とする請求項 3 0 に記載の真空プラズマプロセッサ。

【請求項 3 2】

複数の円形同軸コイルを含む前記コイルが、第 1 と第 2 の前記少なくとも 1 回のさらなる巻線を含み、第 1 の前記少なくとも 1 回のさらなる巻線が、第 2 の前記少なくとも 1 回のさらなる巻線よりもコイルの中心点の近くにあり、両方の前記少なくとも 1 回のさらなる巻線が、請求項 3 0 に規定された形状を有し、両方の前記少なくとも 1 回のさらなる巻線の円の扇形部がアーチ形に整列され、両方の前記少なくとも 1 回のさらなる巻線の直線部分が互いに実質的に平行に延び、第 1 と第 2 の前記少なくとも 1 回のさらなる巻線がコイルの中心点に最も近いコイル巻線である

10

20

30

40

50

ことを特徴とする請求項 3 1 に記載の真空プラズマプロセッサ。

【請求項 3 3】

異なる第 1 と第 2 の周縁長および幾何学的に類似した形状を有する円形のワークピースを処理するワークピース処理方法であって、

ワークピースが同じ真空プラズマ処理チェンバもしくは同じ幾何学形状を有する複数の真空プラズマ処理チェンバ内で処理され、第 1 と第 2 の異なる周縁寸法を有する高周波プラズマ励起コイルを、チェンバ内のイオン化可能なガスもしくは複数のチェンバに結合させ、その間で第 1 と第 2 の周縁長を有するワークピースがチェンバもしくは複数のチェンバ内で処理され、その間ではチェンバもしくは複数のチェンバが真空中におかれ、かつガスを処理プラズマへと励起するためにコイルに高周波エネルギーが供給されるステップを含み、前記第 1 の周縁長が第 2 の周縁長を超え、前記第 1 の周縁寸法が第 2 の周縁寸法よりも大きい

10

ことを特徴とするワークピース処理方法。

【請求項 3 4】

前記ワークピースが円形であり、前記コイルの各々が、処理される円形ワークピースの中心点と位置合わせされた中心点を有する複数の実質的に円形で同軸の巻線を含む

ことを特徴とする請求項 3 3 に記載のワークピース処理方法。

【請求項 3 5】

各々のコイルの円形の巻線のうちの 1 つが、コイルの周縁寸法を規定するエッジを有することを特徴とする請求項 3 4 に記載のワークピース処理方法。

20

【請求項 3 6】

前記コイルの各々が、処理中に高周波励起電源に接続される一対の内側励起端子を含むことを特徴とする請求項 3 5 に記載のワークピース処理方法。

【請求項 3 7】

前記コイルの各々が、コイルの中心点に関して非対称の少なくとも 1 回の巻線を含むことを特徴とする請求項 3 6 に記載のワークピース処理方法。

【請求項 3 8】

第 1 と第 2 のワークピースがそれぞれ 300 mm と 200 mm の直径を有し、300 mm と 200 mm の直径用の複数のコイルが、300 mm よりも大きい外径を有する円の円周上にある外側エッジを備えた外側巻線を有する

30

ことを特徴とする請求項 3 7 に記載のワークピース処理方法。

【請求項 3 9】

300 mm 直径のワークピース用のコイルの円が約 400 mm の直径を有し、200 mm のワークピース用のコイルの円が約 330 mm の直径を有する

ことを特徴とする請求項 3 8 に記載のワークピース処理方法。

【請求項 4 0】

300 mm と 200 mm のワークピースの両方のためのコイルの巻線数が 4 回であることを特徴とする請求項 3 9 に記載のワークピース処理方法。

【請求項 4 1】

200 mm のワークピースのためのコイルが 2 番目に大きい直径の巻線を有し、それが非対称である

40

ことを特徴とする請求項 4 0 に記載のワークピース処理方法。

【請求項 4 2】

300 mm 直径のワークピースのためのコイルが、コイルの他のいかなる巻線よりも中心点に近い非対称巻線を含む

ことを特徴とする請求項 4 0 に記載のワークピース処理方法。

【請求項 4 3】

円形のワークピースを処理するための真空プラズマプロセッサであって、

ワークピースをプラズマで処理するための真空チェンバと、

前記チェンバ内のワークピースホルダと、

50

前記チェンバ内のイオン化可能なガスをプラズマへと励起するための実質的に平板状のコイルと、

前記コイルにプラズマ高周波励起電圧を供給するための高周波電源とを含み、

前記チェンバは、ワークピースが処理中にワークピースホルダの特定の場所に位置するように配置され、

前記コイルは、(a) コイルの中心点に関して実質的に対称に配列された複数の同軸の巻線と、(b) 高周波電源内の対向する端子への接続のための中央に配置された一対の励起端子と、(c) コイルの中心点に関して非対称に配置された少なくとも1回のさらなる巻線とを含む

ことを特徴とする真空プラズマプロセッサ。

10

【発明の詳細な説明】

(発明の分野)

本発明は概して、真空チェンバ内のガスをチェンバ内でワークピースを処理するプラズマへと励起するための、高周波応答コイルを有するプラズマプロセッサに関し、さらに特定すると実質的に対称および非対称の巻線を有する実質的に平板状のコイルを含むそのようなプロセッサ、およびそのようなコイルに関する。本発明のまた別の態様は、様々な直径を有する円形のワークピースをプラズマ処理する方法、さらに特定すると、様々な周縁の長さを有するワークピースを処理するときに、同じチェンバもしくは同じ幾何学形状を有する複数チェンバが様々な周縁寸法を有する高周波励起コイルに結合される方法に関する。

20

【0001】

(発明の背景)

ワークピースを真空チェンバにおいて高周波プラズマで処理するプロセッサの一种タイプは高周波電源に応答するコイルを含む。このコイルは高周波電源に応答してチェンバ内のイオン化可能なガスを励起してプラズマにする電磁場を発生する。このコイルは、普通は処理される製品の平板状で水平に広がる表面に平行な方向に広がる誘電窓の上部に設置されるかまたはそれに隣接される。励起されたプラズマはチェンバ内のワークピースと相互作用してワークピースをエッチングするかまたはその上に物質を堆積させる。ワークピースは通常は平板状の円形表面を有する半導体ウェハもしくは固体誘電体プレート、例えばフラットパネル・ディスプレイに使用される長方形のガラス基板または金属プレートである。

30

【0002】

Ogileの米国特許第4,948,458号は上記の結果を達成するための多数回巻きの渦巻き状コイルを開示している。概してアルキメデス型であるこの渦巻きはインピーダンス整合ネットワークを介して高周波電源に接続された内側端子と外側端子との間を放射方向かつ円周方向に広がる。この一般的なタイプのコイルは磁性および容量性の場の成分を有する振動高周波場を生じ、それが誘電窓を通して伝播して窓近傍のチェンバ内のプラズマの一部のガス中の電子を加熱する。振動高周波場がプラズマ中で電流を誘導し、それがプラズマ中の電子を加熱する。窓近傍のプラズマ部分の磁場の空間分布はコイルの各々の巻線によって生じる個々の磁場成分の合計の関数である。各々の巻線によって生じる個々の磁場成分は各々の巻線の高周波電流の大きさの関数であり、それは高周波電源の周波数でのコイルの伝送線効果が理由となって様々な巻線で異なる。

40

【0003】

Ogileの4,948,458特許で開示され、それに基づく渦巻き設計では、渦巻き状コイルの高周波電流は窓近傍のプラズマ部分でトロイダル形状の磁場領域を発生するように分布し、ガスによってパワーが吸収され、ガスはプラズマに励起する。1.0から10 mTorr程度の低圧では、リング形状の領域からのプラズマの拡散は、チェンバの中央および周縁部のワークピースのすぐ上部でプラズマ密度ピークを発生させ、そのため、ワークピースを処理するイオンと電子の複数のピーク密度はワークピース中心線およびワークピース周縁部に近接する。10から100 mTorr程度の中間の圧力範囲では、プラ

50

ズマ中の電子、イオンおよび中性子の気相衝突がプラズマ荷電粒子のトロイダル領域外への実質的な拡散を妨害する。結果として、ワークピースのリング状領域で比較的大きなプラズマ束が存在するが、中央および周縁のワークピース部分では小さなプラズマ束となる。

【0004】

これらの異なる動作条件はリングとリング内外の容積との間でプラズマ束（すなわちプラズマ密度）の大きなバラツキを生じる結果につながり、ワークピースに入射するプラズマ束の標準偏差が大きくなる。ワークピースに入射するプラズマ束の尺度はワークピースのオングストローム／分で表わされるエッチング速度であり、O g l eのタイプのコイルのエッチング速度均一性の標準偏差は通常は3.0%よりも大きい。ワークピースに入射するプラズマ束の標準偏差が大きいと、ワークピースは不均一に処理される傾向がある、すなわちワークピースの様々な部分が異なる量でエッチングされ、および／または異なる量の分子がそれらに堆積される傾向がある。

10

【0005】

プラズマの均一性を向上させるために数多くのコイルが設計されてきた。1998年6月2日に発布された同一出願人による米国特許第5,759,280号(H o l l a n dら)は、商業的实施形態で12インチの直径を有し、かつ内壁の円の直径14.0インチを有する真空チェンバとの組み合わせで動作するコイルを開示している。このコイルは14.7インチの直径と0.8インチの均一な厚さを有する石英窓を介してチェンバ内部に電磁場を加える。各々のワークピースの中心は、コイルの中心線と一致するように直径200mmを有する円形半導体ウェハであるワークピースが窓の底面の4.7インチ下のワークピースホルダに配置される。

20

【0006】

5,759,280号特許のコイルは4,948,458号特許のコイルよりも、ワークピースにわたってかなり小さいプラズマ束のバラツキを発生させる。5ミリT o r rで稼動しているチェンバにおいて、200mmのウェハ上の5,759,280号特許のコイルによって発生するプラズマ束から結果的に得られるエッチング速度均一性の標準偏差は約2.0%であり、同じ条件下で動作する4,948,458号特許のコイルの場合の標準偏差約3.0%よりもかなり改善されている。5,759,280号特許のコイルは、ワークピースの中央部のプラズマ密度が、ワークピース中間部分のプラズマ密度よりも大きくなる磁場を引き起こし、そのためにワークピース周辺部のプラズマ密度を超えることになる。5,759,280号特許のコイルでのチェンバの様々な部分のプラズマ密度のバラツキは、より低い標準偏差を生じ、同じ動作条件での4,948,458号特許のコイルのそれよりもはるかに小さい。

30

【0007】

300mmの直径を有する円形半導体ウェハの出現とともに、200mmと300mmの直径の円形半導体ウェハをプラズマ処理するのに同じ真空チェンバを使用することが提案されてきた。図1は両方の直径のウェハを処理するのに使用できるプロセッサの図面である。図1に描かれたタイプのプロセッサでは、同じプロセッサが両方の直径について、異なる時間に使用され、または同じ幾何学形状を備えた複数のチェンバを有するプロセッサが、200mmと300mmの直径のウェハを別々に処理するのに使用する。

40

【0008】

図1の真空プラズマワークピースプロセッサは、20インチの内径を有するグラウンド接地された金属壁12、金属の基台プレート14、および中心から周縁部まで同じ厚さを有し、かつ直径がチェンバ10の内径を超えることによって壁12の上部エッジを担う誘電窓構造19で構成される円形の上部プレート構造18を含む円筒の真空チェンバ10を含む。真空チェンバ10のシールは従来のガスケット(図示せず)によって供給される。図1のプロセッサは、通常は円形半導体ウェハ(すなわち基板)をエッチングするか、またはそのようなウェハ上に分子を堆積させるために使用される。

【0009】

50

プラズマ状態へと励起され得る適切なイオン化可能なガスが、窓19のポート20を介してガス源（図示せず）からチェンバ10の内部に供給される。チェンバ10の内部は、基台プレート14のポート22に接続された真空ポンプ（図示せず）によって1乃至100ミリTorrの範囲で変わり得る圧力で、真空状態に維持される。

【0010】

チェンバ内のガスは適切な電源によって励起され、Ogleの4,948,458号特許に開示されたコイルによって励起されるプラズマよりもかなり均一な密度を有するプラズマを供給する。この電源は正方形の断面と中空の内部を有する実質的に平坦な金属のコイル24を含み、コイル24は通常は正方形の銅チューブでできている。コイル24は窓19のすぐ上部に装着され、通常は13.56MHzの固定周波数を有し、かつ通常、固定の振幅エンベロップを有する高周波電源26によって励起される。コイル24内の電流は窓19の近傍でチェンバ10内に十分に大きい磁束を発生させ、チェンバ内のイオン化可能なガスをプラズマへと励起する。

10

【0011】

高周波電源26の出力端子とコイル24の励起端子との間に接続されたインピーダンス整合ネットワーク28は、高周波電源の出力をコイルに結合させる。インピーダンス整合ネットワーク28は、電源26とコイル24及びコイルが励起するプラズマ負荷を含めた負荷との間のインピーダンス整合を達成するために、コントローラ（図示せず）が知られている方式で変化させる可変リアクタンス（図示せず）を含む。

【0012】

200mmまたは300mmの直径の円形のワークピース32は、チェンバ10内で円形のワークピースホルダ（すなわちチャックもしくはプラテン）30の表面に固定して装着される。ワークピース32を担持するチャック30の表面は、窓19の表面と平行である。通常では静電タイプであるチャック30は、2つの異なる直径のうちの1つを有し、それはチェンバ10内で特定の時間に処理されるワークピースの直径に応じて決まる。ワークピース32はDC電源（図示せず）のDC電位をチャックの1つもしくは複数の電極（図示せず）に印加することによって、チャック30の表面に通常は静電的にクランプされる。

20

【0013】

高周波電源31は可変リアクタンス（図示せず）を含むインピーダンス整合ネットワーク33に一定の振幅エンベロップを有する高周波電圧を供給する。整合ネットワーク33は電源31の出力をチャック30の電極に結合させる。電源31のインピーダンスをチャック30の電極に結合された負荷インピーダンスに整合させるために、コントローラ（図示せず）が整合ネットワーク33の可変リアクタンスを制御する。電極に結合した負荷は本来はチェンバ10内のプラズマである。よく知られているように、電源31がチャック30の電極に印加する高周波電圧はプラズマ中の荷電粒子と相互作用してワークピース32にDCバイアスを発生させる。

30

【0014】

平板状のコイル24を取り囲み、上端プレート18の上部を延びているのは、中にコイルが収まる正方形断面を有する金属のチューブもしくはシールド34である。シールド34はコイル24に起源を発する電磁場を周囲の環境から切り離す。シールド34とコイル24の周縁領域との間の距離は十分にあり、コイル24の周縁領域によって生じる磁場がシールド34により有意に吸収されるのを防いでいる。

40

【0015】

コイル24の外径に対して円筒形状のチェンバ10の直径は、コイルの周縁領域において生じる磁場のチェンバ壁12による実質的な吸収を阻止するのに十分なほどに大きい。誘電窓構造19の直径は、チェンバ10の内径よりも大きく、チェンバ10の上面全体が誘電窓構造19で構成される程度まで可能である。

【0016】

ワークピース32の処理面と誘電窓構造19の底面の間の距離はワークピースの露出処理

50

面に最も均一なプラズマ束を供給するように選択される。通常では、ワークピースの処理面と誘電窓の底の間の距離は、チェンバ10の直径の約0.3乃至0.4倍であり、チェンバ12の内径は20インチ、5,759,280号特許の先行技術の形状を有するコイル24の直径は、直径200mmのウェハについては13インチであり、シールド34は各々の側部で23.5インチの長さを有し、ワークピースの処理面と誘電窓の底の間の距離は6.0インチである。

【0017】

平板状のコイル24は伝送線として機能し、コイルの長さに沿った定在波パターンを生じる。定在波パターンはコイルの長さに沿った高周波電圧と電流の大きさのバラツキを結果的に示す。コイルによって生じる磁束のこれらの高周波電流の大きさに対する依存性は、コイルの様々な部分の支配下にあるチェンバ10内の様々な部分に発生するプラズマの量が異なる結果につながる。平板状コイル24の高周波電流の伝送線挙動は、中央コイル区画より発生する磁束の量と比べて、周縁コイル区画より発生する磁束の量を増大させる。この効果は最大高周波電流領域が周縁コイル区画となるように高周波でコイル24を励起することによって確立する。

10

【0018】

図2に描いたように、5,759,280号特許の形状を備えた平板状コイル24は、実質的に半円形の内側ループ40、42および実質的に円形周縁区画46と48および実質的に円形の間区画44を含む。ループ40と42の各々は、コイル24のほぼ半周巻きを形成するのに対して、ループ44、46および48の各々は、ほぼ全周巻きを形成する。これらの全周および半周巻きは互いに直列に接続される。区画40、42、44、46および48のすべては、中心コイル軸50と同軸であり、ウェハがチャック30の定位置にクランプされると、今度はチェンバ10の中心軸およびウェハ32の中心と一致する。コイル24の中央部分にある対向する励起端子52と54は、リード48と56によって整合ネットワーク28経由で高周波電源26の対向する端子およびキャパシタ80の一方の電極（他方の電極はグラウンド接地される）にそれぞれ結合される。ループ40の端子52の反対側の端部にある端子60は、コイル24の平面のいくぶん上の領域に位置する金属のストラップ64によって、外側ループ区画48の端部端子66に接続される。隣接する区画40、42、44、46および48の間隔およびストラップ64とコイル24の残り部分との間隔は、それらの間のアークを十分に防止するほど大きい。区画40、42、44、46および48の外側エッジの半径はそれぞれ2インチ、2インチ、3.5インチ、5.5インチおよび6.5インチである。

20

30

【0019】

区画48は端子66から360°よりもわずかに小さいところに第2の端子68を有する。端子68はストラップ72を介してループ区画46の端子70に接続される。ほぼ360°の角度の広がりを持つループ46は、半径方向と円周方向に延びるストラップ78を介してループ44の端子76に接続される第2の端部端子74を有する。ほぼ360°の角度の広がりを持つループ44は、半径方向と円周方向に延びるストラップ82を介して区画42の端子54と反対側の端部にある端子62に接続される第2の端部端子80を有する。

40

【0020】

$j = \sqrt{-1}$ 、 f が高周波電源26の周波数、 C がキャパシタ30のキャパシタンスである場合に容量性インピーダンス $Z_{c.a.p} = 1 / (j 2 \pi f C)$ を有するキャパシタ80は、位相をシフトをすることによってコイル24の全長にわたって電圧および電流分布の位置をシフトする。電圧および電流分布は、'498号特許でOgleが開示するタイプのコイルの励起の結果として得られる束よりも、かなり均一なプラズマ束をワークピース32の処理面に供給する高周波電磁場を、コイルが発生させるようにコイル24内でシフトされる。

【0021】

コイル24の電圧と電流は、コイル端子54でのピークピーク高周波電流が最小でかつコ

50

イル端子52のピークピーク高周波電流と等しくなるようにキャパシタ80の値を選択することによって配分される。この条件で、コイルは端子52と54で対極性最大ピークピーク高周波電圧を有し、コイルの最大高周波電流は導電性ストラップ72の近傍で生じる。コイル内の高周波電圧および電流の分布は次のように概算することが可能であり、

$$V_{p k p k}^{(x)} = V_{p k p k}^0 \cos [\beta (x + x^0)] \text{ および } I_{p k p k}^{(x)} = I_{p k p k}^0 \sin [\beta (x + x^0)]$$

ここで、

x はコイルの端子54から測定した直線距離、

β は高周波電源26の光速 c で割り算をした角周波数、

x^0 はキャパシタ80の値によって決定されるゼロからのオフセット、

$V_{p k p k}^0$ および $I_{p k p k}^0$ はそれぞれコイルの最大高周波ピークピーク電圧および電流である。

【0022】

キャパシタ80の値は x^0 がコイルに流れる高周波電流の波長 ($\lambda = c / f$) のおよそ0.15倍になるように選択される。

【0023】

コイル24の周縁領域はコイルの中央領域よりも大きな磁束を発生するが、その理由はピークピーク高周波電流の大きさがコイルの周縁区画で中央区画のピークピーク高周波電流の大きさと比較してさらに大きいからである。最大のピークピーク高周波電流の振幅は実質的に円形のループ区画46で生じる。隣接するループ区画44と48、およびループ区画46でのピークピーク高周波電流の振幅とループ区画44、46と48のお互いからの間隔は、これら3つのループ区画からの磁束が空間で混ざり合って窓19の直下で、比較的広い環状領域にわたって最大値を有する全磁束密度を与えるように設定する。環状領域はループ区画46と48の間から中間区画44と内側区画40と42の間まで広がる。

【0024】

コイルの様々な部分を流れる高周波電流の大きさのバラツキは空間で平均化され、Ogleの'498号特許のコイルによって達成されるよりも均一なプラズマをウェハ32に入射させる補助になる。コイルの様々な部分のこれら様々な電流値の空間的平均化は、特にコイル周縁部付近のコイル区画の超高周波電流領域において、プラズマ密度の実質的な非放射状の非対称性を回避すると以前は考えられていた。全磁束もまた、角座標 θ の関数として、Ogleの特許のコイルでのケースよりもかなり一定している。

(ここで θ はコイルの中心点50°を通過して延びる基準角度に関して、コイル周辺部についての角度を表す、例えば図2では、基準角度は中心点50の左側へ水平に延びる)。

【0025】

特定の座標値 θ に沿って一定で空間的に平均化した磁束は、Ogleの'498号特許に開示されたコイルから結果的に得られるプラズマよりも、 θ に沿って放射状でさらに対称性を帯びたプラズマを供給する。2つの実質的に半円形で等しい半径の区画40と42のピークピーク高周波電流の振幅は、その他の区画の電流の振幅よりも有意に小さい。区画40と42は十分な磁束を誘導し、それらはその他の区画44、46および48から誘導された磁束と空間的に平均化され、それによりチェンバの直径を横切ってワークピース32の処理面の高さで発生するプラズマ束は、Ogleの特許のコイルで達成されるよりもかなり均一になる。

【0026】

平板状コイル24の様々な部分(例えば、同じ角座標位置 θ のループ区画46と48の部分間)の電圧をプラズマに静電的(すなわち容量性)に結合することは発生するプラズマ束の均一性に影響する。プラズマへのこれらの電圧の容量性結合は、コイルの区画で発生するピークピーク電圧の大きさ、ならびにコイルをプラズマから隔てる窓19の厚さと誘電体材料によって決まる。高周波電圧によって発生する容量性の電流の影響は、端子52と54で最大の高周波ピークピーク電圧を生じさせることによって最小限にされる。コイル24の幾何学形状およびキャパシタ80の値の選択が、端子52と54で最大の高周波

10

20

30

40

50

ピークピーク電圧を生じさせる。平板状コイル24を高周波励起することは、ワークピース32全体にわたってOgleの4, 948, 458号特許のコイルから結果的に得られるよりもかなり均一な束を有する実質的に平板状のプラズマを発生させる。

【0027】

集積回路の形体が小さくなればなるほど、図2と関連して説明したコイルによって発生する200mmのウェハに入射するプラズマの均一性が頻繁に不十分となることが判明した。説明した13インチ直径のコイルでプラズマが励起されるとき、200mmウェハ上に非対称直径のプラズマ束分布が図1のプロセッサで形成される。この非対称性は200mm半導体ウェハに形成される0.18マイクロメートルの形体を有する半導体デバイスに多大な悪影響を及ぼす。特に、13.56MHzの高周波電源26に接続された図2のコイルによって、プロセッサ内のガスをプラズマへと励起しながら図1の説明したプロセッサ内で、約20mTorrの真空においてウェハをエッチングしたとき、円形の200mmポリシリコンウェハ71のエッチング速度は、図3の領域72、74、76、78および80で示したようになることが判明した。ウェハ71の周縁部は図3の点73で示した位置決め用の切り欠きを含む。位置決め装置(図示せず)は、切り欠きは、チェンバ10内のウェハ71を、図3のウェハ中心点70を通して延びる垂線75から時計回りに約10°のオフセットとなるように設置した。

【0028】

ウェハ71の中心点70は2378オングストローム/分の最大エッチング速度を有する領域72に取り囲まれる。領域72はいくぶん非対称であり、図3に描いたように中心点70の左側で右側よりも大きな量を有する。領域72を取り囲むのは領域74であり、2378と2396オングストローム/分の間のエッチング速度を有する。領域74はウェハ71の左エッジまで広がってウェハの左エッジに沿って約100°の円弧長にかかる。領域74はまた、領域72の右側にもある程度広がり、ウェハ内でほぼ円形の周縁輪郭を有する。

【0029】

中心点70と領域74の上下を右方向へ形作る概して三日月形状の領域76、78および80は、それぞれ2398乃至2418オングストローム/分の範囲、2418乃至2438オングストローム/分の範囲および2438オングストローム/分以上のエッチング速度を表わす。領域76は、ウェハ71の周縁部で中心点70より上側に約30°、下側に約15°のウェハ周縁円弧長を有し、領域78は中心点70より上側に約15°、中心点70より下側に約20°のウェハ71周縁円弧長を有し、それに対して領域80はウェハの右エッジに沿って約170°の円弧長を有する。概して、領域76の左エッジから領域80の周縁部までウェハのエッジに沿って単調な変化がある。

【0030】

ウェハ71は2412オングストローム/分の平均エッチング速度および1シグマの標準偏差で1.4%の不均一性を有する。この高度不均一性は、先行技術における0.18マイクロメートルよりも大きな形体を有する200mmウェハの処理、すなわちそのようなウェハから材料をエッチングすること、およびウェハに物質を堆積させることについてはしばしば満足できるものであった。しかしながら、集積回路が進歩するにつれ、形体は0.18ミクロンよりもはるかに小さくなっており、図2のコイルで達成される図3に描いた均一性は常に適切というわけではない。

【0031】

図3の分析から領域76、78および80に付随するプラズマ密度の非対称性が明らかであり、それらのすべては本質的に中心点70の右側、ならびに領域72と74である。領域76、78および80に付随するプラズマ密度のバラツキを低減することにより、プラズマ密度の均一性を図2に描いたコイルで達成される以上に増大させることが可能であることに著者らは気付いた。

【0032】

したがって本発明の目的は、円形のワークピースへの高度に均一なプラズマ束(すなわち

10

20

30

40

50

プラズマ密度)を達成するために新型で改善された真空プラズマプロセッサおよび高周波プラズマ励起コイルを提供することにある。

【0033】

本発明の付加的な目的は、円形のワークピースへのプラズマ密度のさらに優れた均一性を達成するために、新型で改善された幾何学形状を有するコイルによって励起される高周波プラズマを有する新型で改善された真空プラズマプロセッサを提供することにある。

【0034】

本発明のさらなる目的は、1シグマの標準偏差で1.4%よりも小さい不均一性でウェハをエッチングすることのできる新型で改善された真空プラズマプロセッサとコイルを提供することにある。

【0035】

本発明のまた別の目的は、小さい形体を有して0.18ミクロンよりも小さい集積回路の製造に使用するのに特に適するよう構成された新型で改善された高周波励起コイルを有する新型で改善された真空プラズマプロセッサを提供することにある。

【0036】

本発明の付加的な目的は、同じ形状であるが異なるサイズを有するワークピースを、同じ処理チェンバもしくは同じ幾何学形状を有する複数のチェンバ内で処理できるような新型で改善されたプラズマプロセッサ操作方法を提供することにある。

【0037】

本発明の追加の目的は、200および300mmの直径を有する円形の半導体ウェハを同じ処理チェンバもしくは同じ幾何学形状を有する複数のチェンバ内で処理できるような新型で改善されたプラズマプロセッサ操作方法を提供することにある。

【0038】

(発明の概要)

本発明の一態様によると、ワークピースホルダ上の特定の場所に設置されるように構成された、円形のワークピース用の真空プラズマプロセッサのイオン化可能なガスに高周波プラズマ励起場を供給するための、実質的に平板状のコイルは、(a)コイルの中心点に関して実質的に対称に配列された複数の同軸の巻線、および(b)コイルの中心点に関して非対称に配列された少なくとも一回のさらなる巻線を含む。

【0039】

本発明はまた、そのようなコイルを有する真空プラズマプロセッサにも関する。

【0040】

本発明のまた別の態様は、ワークピース上で他の真空プラズマプロセッサよりもさらに優れたプラズマ密度均一性を達成するような円形ワークピースを処理するための真空プラズマプロセッサに関する。他のプロセッサは4つの同心の直列接続された円形巻線と中央に配置されて高周波励起源に接続された励起端子を含む。他のプロセッサは、励起されると、ワークピースの第1の側の実質的なワークピース円弧長に沿ったプラズマ密度が、ワークピースの第2の側の実質的なワークピース円弧長に沿ったプラズマ密度と大幅に異なるような直径方向に非対称となるワークピース上のプラズマ密度分布を引き起こす。第1と第2の側の円弧長は互いに直径方向にほぼ対向する。本プロセッサは(a)ワークピースをプラズマで処理するための真空チェンバ、(b)チェンバ内のワークピース用のホルダ、(c)チェンバ内のガスをプラズマへと励起するための実質的に平板状のコイル、および(d)コイルを励起するための高周波電源を含む。コイルは(a)共通の中心点を有する複数の円形で同軸同心巻線、(b)高周波電源で駆動されることになる接続を有する中央の励起端子、および(c)プラズマ密度の直径方向の非対称性を実質的に低減し、同じ条件下で動作する他のプラズマプロセッサよりも優れたプラズマ密度均一性をワークピース上に供給するための、他の巻線と異なる幾何学形状を有する少なくとも1回のさらなる巻線を含む。

【0041】

少なくとも1回のさらなる巻線は(a)中心点に近いアーチ形の部分が他のプロセッサで

10

20

30

40

50

より高いプラズマ密度を有するワークピース部分と位置合わせされ、かつ (b) 中心点から遠いアーチ形の部分が他のプロセッサでより低いプラズマ密度を有するワークピース部分と位置合わせされるように、中心点から異なる間隔を有する複数のアーチ形部分を含むことが好ましい。

【0042】

一実施形態では、少なくとも1回のさらなる巻線は第1と第2のアーチ形部分を含む。第1と第2の部分は円の扇形部であり、異なる半径および複数巻線の中心点と実質的に同じである共通の中心点を有する。本発明の実施形態のすべてにおいて、少なくとも1回のさらなる巻線は隣りの巻線への接続部を除いて閉じた形状を有することが好ましい。

【0043】

また別の実施形態では、少なくとも1回のさらなる巻線は、共通中心点から、他のプロセッサによる処理中には実質的により低いプラズマ密度を有するワークピースの側の方に移動した中心を有する円の形状を有する。

【0044】

好ましい一実施形態では、コイルは4回巻線しか持たず、そのうちの3巻線が複数巻線部であり、1巻線だけが少なくとも1回のさらなる巻線である。さらなる巻線は、最大半径と2番目に小さい半径とを有する複数巻線の間にある。励起端子は最小半径を有する巻線にある。中心点から次第に離れていく巻線は互いに直接的につながっており、最大半径と最小半径の巻線も互いに直接接続される。

【0045】

また別の実施形態では、少なくとも1回のさらなる巻線は (a) コイルの中心点と同心の中心点を有する円の扇形部である第1の部分、(b) 第1の部分の第1の端部から実質的に直線的に延びる第2の部分、および (c) 第1の部分の第2の端部から実質的に直線的に延びる第3の部分を含む。第1の部分はそれぞれ高周波電源に接続された第3と第4の端部を有する第1と第2の区分に分割されることが好ましい。

【0046】

そのようなコイルは第1と第2のさらなる巻線を含むことが好ましい。第1のさらなる巻線は第2のさらなる巻線よりもコイルの中心点に接近している。少なくとも1回のさらなる巻線の両方は前述の形状を有する。さらなる巻線両方の円の扇形部はアーチ形に整列される。さらなる巻線両方の直線部分は実質的に互いに平行に延びる。第1と第2のさらなる巻線はコイルの中心点に最も近いコイル巻線である。

【0047】

本発明のさらなる態様は、同じ真空プラズマ処理チェンバもしくは同じ幾何学形状を有する複数の真空プラズマ処理チェンバ内で、異なる第1と第2の周縁長を有しかつ幾何学的に類似した形状を有するワークピースを処理する方法に関する。本方法は第1と第2の異なる周縁寸法を有する高周波プラズマ励起コイルをチェンバもしくは複数チェンバ内のイオン化可能なガスに結合させるステップを含み、その間で第1と第2の周縁長のワークピースは、真空下であってガスを処理プラズマへと励起するために高周波エネルギーがコイルに供給されるチェンバもしくは複数チェンバ内でそれぞれ処理される。第1の周縁長さは第2の周縁長を超えるものであり、第1の周縁寸法は第2の周縁寸法よりも大きい。

【0048】

ワークピースは円形であってコイルの各々は円形のワークピースの中心点と位置合わせされた中心点を有する複数の実質的に円形で同軸の巻線を含み、かつコイルの各々がコイルの中心点に関して非対称である少なくとも1回の巻線を含むことが好ましい。

【0049】

本発明の上述のおよびさらなる目的、特徴および利点は以下のいくつかの特定の実施形態の詳細説明を考慮し、特に添付の図面と関連付けると明らかになるであろう。

【0050】

(図4乃至8の詳細な説明)

図1のプロセッサで図2のコイルの代わりに使用される図4と5のコイルは、図2のコイ

10

20

30

40

50

ルと極めて類似した構造であり、図4と5のコイルは13インチの外径を有し、中心点50、実質的に半円形の巻線区画40と42、ほぼ円形の巻線44、およびほぼ円形の巻線48を含む。区画40、42、44と48の各々は区画40と42が中心点に最も近くなり、巻線44が区画40と42の半径よりも大きい半径となり、巻線48がコイルの他のどの部分よりも中心点50から遠くなるようにして中心点50の半径上に位置する。励起端子52と54はそれぞれ区画40と42の第1の端部にあり、それに対して区画40と42の第2の端部60と62は、区画40と42およびコイルの巻線と同じ材料であることが好ましく、通常はその材料が銅である半径方向かつ円周方向に延びる金属の支柱64と82によって巻線48と44の端点66と81もしくは端子にそれぞれ接続される。

【0051】

図2と4のコイルの間の主な違いは、図4のコイルがアーチ形の区画184、185と186を有する非対称巻線182を含むことである。区画184と185は中心点50から同じ半径上にあるが、それに対して区画186は区画184と185よりも中心点50に近い半径上にある。言い換えると、区画184と185は中心点50から第1の半径によって規定される円弧に沿って位置し、それに対して区画186は中心点50から第2の半径によって規定される円弧に沿って位置し、第2の半径は第1の半径よりも小さい。好ましい実施形態では、区画184と185の外側エッジは点50から5.5インチ(12.38cm)の半径上にあり、それに対して区画186の外側エッジは点50から4.5インチ(11.25cm)の半径上にある。区画40と42および巻線44と48の半径は図2のコイルのそれらと同じである。区画40と42の外側エッジは中心点50から2インチ(5.08cm)の半径上にあり、それに対して巻線44と48の外側エッジはそれぞれ中心点50から3.5インチ(8.75cm)と6.5インチ(16.25cm)の半径上にある。区画40、42、184、185と186、ならびに巻線44と48は、それらの底面が図1のプロセッサの誘電窓19の上面から一様な間隔となるかまたは接するか否かのいずれかとなるように実質的に同一平面であり、それによって図4と5のコイルのすべての区画からプロセッサ内で窓の直下にある領域への容量性結合は実質的に同じとなる。

【0052】

区画186の対向する端部190は、半径方向かつ円周方向に延びる金属の支柱88と90によって区画184と185の端部192と194にそれぞれ接続される。区画184、185と186はそれぞれ約60°、160°と130°のアーチ形状の広がりを持つ。図1のチェンバで処理されるウェハは、ウェハの切り欠きが中心点50と交差する垂線から時計回り方向に約10°のオフセットを有し、区画42と44の端部の励起端子52と54から等距離となるように図4と5のコイルに関して位置決めされる。金属の支柱78は、区画184の支柱88から反対側の端部74を外側巻線48の内側区画40に接続されていない端部に接続し、それに対して金属の支柱72は巻線44と区画85の端部を相互に接続する。

【0053】

図4と5のコイルが図1のプロセッサの窓19の上部に配置された場合、ウェハ71と同じ位置で静電チャック30に装着された200mmウェハ93のエッチング速度は、図6の領域94、96、98、100、102、104および106で示したようになる。ウェハ93は、図5のウェハ93が図4と5のコイルによる励起から結果的に得られるプラズマと反応することを除いては、図3のエッチ・パターンは、図2に描いたコイルの高周波励起から結果的に得られたものであるが、図3のウェハ71と同じ条件下で同じチェンバでエッチングされた。同じエッチング剤を使用し、図5のウェハの位置決め用切り欠き95が図6で、コイルの中心点50と垂直方向に位置合わせされたウェハの中心点92から垂直に延びる線から時計回りに10°のオフセットを有するようにウェハは同じ位置に位置決めされた。

【0054】

図6に描いたウェハ93の平均エッチング速度は2486オングストローム/分であり、

10

20

30

40

50

1 シグマの標準偏差で0.8%の不均一性であった。中心点92を取り囲む領域94は2467オングストローム/分もしくはそれ未満のエッチング速度を有するが、それに対して領域94を取り囲みかつ中心点92の右に広がる領域96は2467乃至2477オングストローム/分の範囲のエッチング速度を有する。領域96を取り囲みかつ約180°の円弧長にわたってウェハ93の周縁部のかなりの部分に沿って広がる領域100は、2477と2487オングストローム/分の間の範囲のエッチング速度を有する。ウェハの左上の四分円にあって約20°の円弧長にわたってウェハ周縁部に広がる領域98は、領域96と同じエッチング速度範囲を有する。2487オングストローム/分を超えるエッチング速度を有する領域102、104および106は、領域102がウェハ・エッジの右下四分円に概して沿って約70°で広がり、領域104がウェハ右上の四分円の約60°に沿って概して広がり、領域106がウェハ・エッジに沿って中心点92の左側へ約10°広がるようにウェハ93の或る周縁部分に沿った小さな扇形を占める。

【0055】

図4と5のコイルは、前のウェハ71にプラズマ密度を生じさせる図2のコイルのメカニズムとほぼ同じメカニズムでウェハ93上にプラズマ密度を生じさせる。ウェハ93をエッチングするウェハ71の場合よりもさらに優れたプラズマ密度均一性は、図3の非対称領域72乃至80に基づいた図4と5のコイルの形状調整によって達成される。

【0056】

図3と6を比較すると、図3のウェハ71において領域76、78および80に存在したエッチング速度の非対称性が、図6のウェハ93のエッチング速度に存在しないことが明らかである。図6のウェハのエッチング速度は、図3のウェハのエッチング速度よりもかなり均一であり、傾斜した、すなわち非対称の領域76、78および80に見られるような特徴を含まない。領域100は図6のエッチング速度を支配的し、ウェハの面積のほぼ50%にわたって広がる。

【0057】

300mmの円形ウェハを処理するのに図1のチェンバが使用されるとき、図5のコイルが図7のコイル100で置き換えられる。図2および5のコイルに似た図7のコイル100は4回の巻線101乃至104を含み、それらのすべてがコイルの中心点106と同心である。内側で、分割巻線101が2つの分離した区画112と114を含み、それぞれが励起端子108と110を含み、それぞれが図1の整合ネットワーク28の出力端子とキャパシタ80に接続される。半径方向かつ円周方向に延びる支柱116、118および120は、支柱116が巻線101の区画112を巻線102の第1の端部に接続し、支柱118が巻線102の第2の端部を巻線103の第1の端部に接続し、支柱120が巻線103の第2の端部を巻線104の第1の端部に接続するように巻線101乃至104の隣り合う対を接続する。支柱122は巻線104の第2の端部を巻線101の整合ネットワーク28の出力端子に接続されていない部分112の端部に接続する。

【0058】

図7のコイル100は、コイル100の巻線101乃至104が、図2、4および5に描かれたコイルの巻線の幾何学形状と異なる幾何学形状を有するので、図2、4および5のコイルとは異なる。特に、巻線103と104は両方共に円形であってそれぞれ8インチ(20.32cm)と6.5インチ(16.41cm)の外側エッジ半径を有する。コイル100の巻線101と102は図2、4および5のコイルの2つの内側巻線と異なるが、その理由は巻線100と102が中心点106に関して非対称だからである。巻線101と巻線102のコイル部分112と114は部分126、128と130を含み、それらはそれぞれ中心点106に関して2インチ(5.08cm)、2インチ(5.08cm)、3.75インチ(9.4cm)の外側半径を有する円の区画である。部分126、128と130の各々は、支柱116、118、120と122が位置するコイルの側と反対側のコイル100の側で180°の円弧長を有する。

【0059】

図7に描いたように、コイル100は互いに直角をなす水平方向直径131と垂直方向直

10

20

30

40

50

径 1 3 3 を含む。支柱 1 1 6 乃至 1 2 0 は垂直方向直径 1 3 3 と交差し、それに対して円形部分 1 2 6、1 2 8 と 1 3 0 の端部は水平方向直径 1 3 1 と交差する。分割巻線 1 0 1 の部分 1 1 2 と 1 1 4 はそれぞれ相対的に直線の区画 1 3 2 と 1 3 4 を含み、それらは水平方向直径 1 3 1 から上方に、かつ垂直方向直径 1 3 3 に向かっていくぶん内側に延びる。直線区画 1 3 2 と 1 3 4 は垂直方向直径 1 3 3 から約 10° のオフセットを有する中心線を有する。区画 1 3 2 は、区画 1 3 2 の端点の先端が水平方向直径 1 3 1 から 2.25 インチ (6 cm) 移動するように水平方向軸 1 3 1 から上方に延び、それに対して区画 1 3 4 の直線部分は直径 1 3 1 より 3.25 インチ (8.80 cm) 上で終端化する。

【0060】

巻線 1 0 2 は垂直方向直径 1 3 3 の右側と左側で直線区画 1 4 0 と 1 4 2 を含む。区画 1 4 0 と 1 4 2 の各々は垂直方向直径 1 3 3 に向かって約 10° の角度で内側に傾斜している。したがって、区画 1 4 0 と 1 4 2 はそれぞれ区画 1 3 6 と 1 3 8 に実質的に平行である。区画 1 4 2 の直線部分は水平方向直径 1 3 1 の約 3.4 インチ上にある点で終わり、それに対して区画 1 4 2 の直線部分は水平方向直径 1 3 1 の約 3.5 インチ上にある点で終わる。

【0061】

前記から、コイル 1 0 0 は 2 つの対称性の外側巻線 1 0 3 と 1 0 4、および 2 つの非対称性の内側巻線 1 0 1 と 1 0 2 を含む。非対称性の関係は、コイル 1 0 0 が図 2 のコイルの示す放射方向非対称束分布の傾向を克服することを可能にし、それに対して巻線 1 0 3 と 1 0 4 のより一層大きい直径は、コイル 1 0 0 が 300 mm 円形ウェハにわたって実質的に均一なプラズマ密度を発生するのを可能にする。

【0062】

図 5 のコイルから図 7 のコイルへとコイルを交換することに加えて、200 mm ウェハプロセッサから 300 mm ウェハプロセッサへと図 1 のチェンバを置き換えるのに必要となるその他の有意な変更は、200 mm と 300 mm のワークピースのための台座を形成する静電チャックのサイズを変えることである。200 mm チャックは 300 mm ウェハにとって適切ではなく、その理由は 200 mm ウェハ用のチャックでウェハの周縁部分に加えられる静電クランプ力は 300 mm ウェハを定位置に保持するのに不十分だからである。300 mm ウェハ用の静電チャックは 200 mm ウェハに使用することができず、その理由はウェハにとって完全にチャック電極を覆うことが必須だからである。

【0063】

図 8 は図 1 に示したタイプのプロセッサで 사용할ことが可能であって、対称性と非対称性の巻線を含むコイルのさらなる実施形態の概略的な上面図である。図 8 のコイルは、図 8 のコイルにおける巻線 2 1 0 が図 4 と 5 のコイルの巻線 1 8 2 と置き換わっていることを除いて、図 4 と 5 のコイルと同様の形状である。図 8 の巻線 2 1 0 は中心点 5 0 から左方向かつ上方向にシフトした中心点 2 1 2 を有する実質的に円形の巻線である。巻線 2 1 0 の半径は巻線 4 4 と 4 8 の半径の間にあり、約 5-1/2 インチであることが好ましい。したがって、巻線 2 1 0 の右側の部分 2 1 6 は巻線 4 4 の右側に極めて近いが、巻線 4 8 の右側から極めて遠く移動している。対照的に、巻線 2 1 0 の左側にある部分 2 1 8 は巻線 4 8 の左側に極めて近く、巻線 4 4 の左上部分から有意に間隔が開いている。巻線 2 1 0 の左側部分 2 1 8 と巻線 4 8 の左側の間の間隔は通気を十分に阻止するものであるべきである。

【0064】

本発明の複数の特定の実施形態を説明および例示してきたが、添付の特許請求項に規定したような本発明の精神および範囲から逸脱することなく、特定して例示および説明した実施形態の詳細部で変形を為し得ることは明らかであろう。例えば、図 8 の円形の巻線 1 1 0 は、図 3 のプラズマ密度不均一性を低減するように配列される、巻線 1 1 0 の配置に類似した配置を有する楕円形の巻線または（隣りの巻線への接続のための開環を除いて）閉じた非対称構造を有する他の巻線で置き換えられることもあり得る。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の改良型コイルを応用することのできる真空プラズマプロセッサの概略図である。

【図 2】

前述した Hollandらの特許に述べられたのと実質的に同じ形状を有するコイルの上面図である。

【図 3】

図 2 のコイルを備えた図 1 のプロセッサで処理されたウェハのエッチング速度を示す上面図である。

【図 4】

本発明の好ましい一実施形態による、200mm直径のウェハを処理するのに使用するためのコイルの概略の上面図である。 10

【図 5】

図 4 に図式的に描いたコイルの上面図である。

【図 6】

図 4 と 5 のコイルを備えた図 1 のプロセッサで処理されたウェハのエッチング速度を示す上面図である。

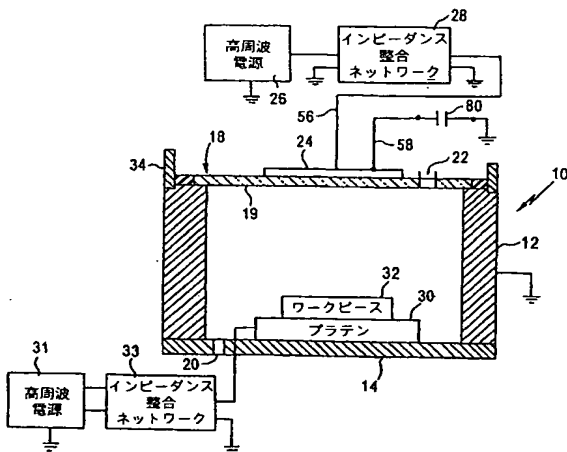
【図 7】

直径300mmのウェハを処理するときの図 1 のプロセッサで使用するためのコイルの上面図である。

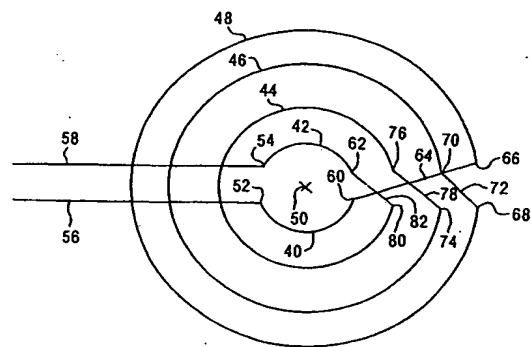
【図 8】

本発明によるコイルのまた別の実施形態の概略の上面図である。 20

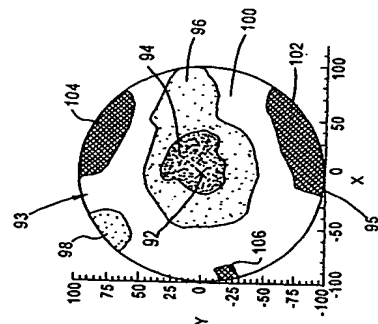
【図 1】



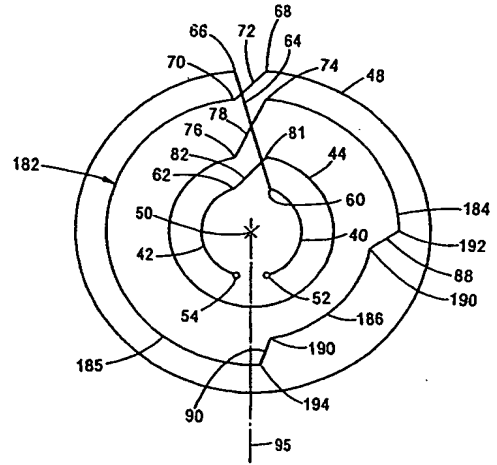
【図 2】



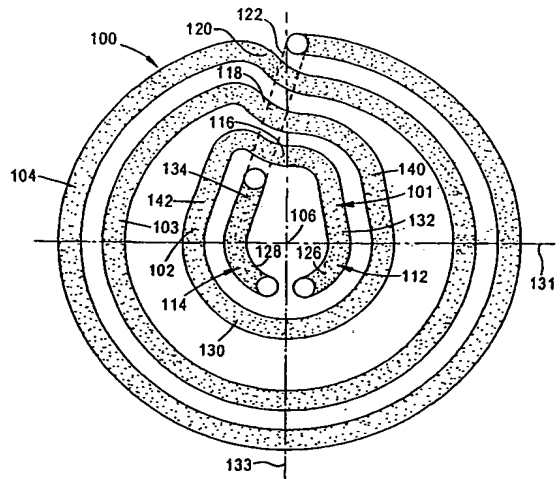
【図 3】



【図 5】



【 図 7 】



【図 8】

